

ハーフスクワットとベンチプレスにおける負荷重量と筋活動量との関係

島野 敬四郎・内藤 譲・湯浅景元

Relation of Load and integrated EMG in half-squat and bench-press

Keishiro SIMANO, Yuzuru NAITO, and Kagemoto YUASA

Abstract

The purpose of this study was to investigate the relation of load and integrated EMG(iEMG) in half-squat and bench-press. Subjects were five male physical education students in Chyukyo University. Each subject performed the half-squat and bench-press with the loads of 100, 80, 60, 40, and 20% of one-repetition-maximum load. EMGs were recorded from rectus m. of thigh, vastus m., medial, vastus m., lateral, biceps m. of thigh, gastrocnemius m, tibial m., anterior, and erector m. of spine for the half-squat ; triceps m. of arm, biceps m. of arm, deltoid m., pectoral m., greater, erector m. of spine, and teres major m. for the bench-press. iEMGs were calculated for each muscle. The correlation coefficients and regression lines were calculated in %load versus %iEMG in each muscle. In half-squat and bench-press, significant correlations were observed in %load versus %iEMG for all muscles. The slope of the regression lines, however, were different among muscles in spite of the same motion.

1. 緒 言

フリーウェイトを用いたウェイトトレーニングの基本的な動作はハーフスクワット、ベンチプレスおよびデッドリフトである。これらのトレーニング動作はいずれも多関節運動であり、複数の筋群が活動に参加する。

ウェイトトレーニングではいろいろな負荷重量を用いて運動が行われるが、このとき負荷重量の大きさと活動する諸筋群の活動量の間には正の相関関係が成り立つことが考えられる。

これまでの研究¹⁾で、肘関節の等尺性収縮運動中の屈筋力と、上腕二頭筋、上腕筋、腕橈骨筋のそれぞれの筋電図積分値(iEMG)との間に

は、いずれの筋についても統計的に有意な相関関係のあることが明らかにされた。しかし、それぞれの両者の間の回帰式の勾配は筋によって異なっており、上腕二頭筋、腕橈骨筋、上腕筋の順に高いことが明らかにされている。

フリーウェイトトレーニングのように動的筋収縮について、負荷重量と諸筋群の活動量との関係を検討した研究はこれまでにみられていない。そこで本研究では、ウェイトトレーニングの基本動作のうちからハーフスクワットとベンチプレスを選び、負荷重量と諸筋群の活動量との関係を明らかにすることとした。

2. 方法

1) 被験者の身体的特徴

本研究の被験者は中京大学体育学部の男子学生5名であった。彼らの年齢、身長、および体重を表1に示した。

2) 実験方法

被験者は、最大および最大下の負荷重量でハーフスクワットとベンチプレスを行った。いずれの動作についても、各被験者が最大1回だけ挙上できる負荷重量を100%とし、この最大負荷重量の20, 40, 60, 80, 100%に相当する負荷重量で運動させた。負荷の順番は、20, 60, 100, 80, および40%であった。100%の負荷重量は1回だけ挙上させ、その他の負荷重量では3回連続の挙上運動を行わせた。

ハーフスクワットでは、被験者はバーベルを肩に担いで両足をほぼ肩幅に開いた立位姿勢から膝関節角度がほぼ90度になるまで沈み込んだのち再び立位姿勢へ戻らせた。このとき、運動範囲を一定にするために、最大沈み込みのときに膝関節角度が90度になるようにした。

ベンチプレスでは、ベンチ上で仰臥位をとらせ、両腕を鉛直上方に伸展させてバーベルを握らせた。このとき、バーベルを握る手の幅は各被験者の自由とした。被験者は肘関節を屈曲し、バーベルのシャフトが胸部に軽く触れたあと再びバーベルを鉛直上方へ挙げた。

ハーフスクワットとベンチプレスのいずれにおいても、被験者には一定の速度で運動するように指示した。

3) 測定方法

運動中の被験者の動作は、高速度ビデオシャッターカメラ (SONY 社製, DXC-325, K, L, H) を用いて撮影した。ハーフスクワットの被験者の左側方より、ベンチプレスは頭頂側より撮影した。カメラは、被験者の運動空間より21 m 離して設置した。レンズの高さは1.15 m, シャッタースピードは500 fps, 撮影コマ数は毎秒30コマであった。

筋電図は表面電極双極誘導法を用いて導出した。ハーフスクワットでの被験筋は、大腿直筋、内側広筋、外側広筋、大腿二頭筋、腓腹筋、前脛骨筋および脊柱起立筋であった。ベンチプレスでの被験筋は、上腕三頭筋、上腕二頭筋、三角筋、大胸筋、脊柱起立筋および大円筋であった。導出した筋電図の電気信号を250 Hz でサンプリングし、パーソナルコンピュータ (NEC 社製, PC-9801NS/E) に記録した。

動作と筋電図を同期するために電球の信号をビデオカメラとコンピュータに記録した。

4) 分析方法

動作の開始と終了の時刻をビデオ画面の時間より読みとった。各動作の開始から終了までのiEMGを算出した。

負荷重量と筋電図積分値は、いずれも最大負荷重量の時を100%としてその相対値で示した。

被験者ごとに、相対的負荷重量と相対的筋電図積分値との相関係数および回帰式を求めた。各トレーニング動作における諸筋群間の回帰式の傾きの差の検定を行った。

3. 結果と論議

本研究で得られた相対的負荷重量(%load)と相対的筋電図積分値(%iEMG)の相関係数および回帰式を被験者別およびウェイトトレーニング動作別に図1~10に示した。また、筋間の回帰式の勾配の差の検定を表2~11に示した。

いずれの動作についても、ほとんどの筋で%loadと%iEMGとの間に有意な相関関係がみられた。このことより、ハーフスクワットやベンチプレスのような動的筋収縮運動では負荷重量と筋電図積分値との間に有意な相関関係が成り立つことが明らかになった。

いずれの筋についても%loadと%iEMGとの間には統計的に有意な相関関係がみられたが、両者の間の回帰式の勾配については筋によって異なっていることが明らかになった (表

12, 13)。

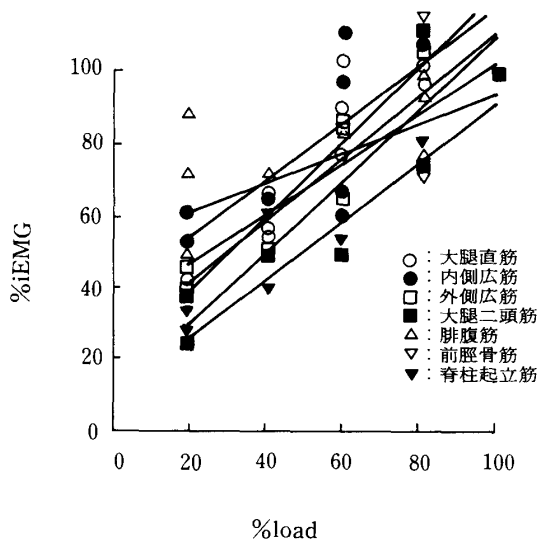
ハーフスクワットについて筋間の回帰式の勾配を比較すると、大腿直筋と大腿二頭筋は大きな勾配を示した被験者が多かった。ハーフスクワットでは、負荷重量の増加にともない、これらの筋の活動量が他の筋に比べて顕著であることが明らかになった。また、1名の被験者で脊柱起立筋の勾配が他の筋よりも大きかった。そのほかの被験者についても、脊柱起立筋の勾配は比較的大きかった。すなわち、ハーフスクワットを行うとき負荷重量が増加するのにともなって脊柱起立筋の活動量が著しく増加する被験者もいることが明らかになった。このことから、ハーフスクワット実施時には腰部へ過重負担が加わらないように配慮する必要があることが推察できた。

ベンチプレスについては、ほとんどの被験者で上腕の筋群、大胸筋、脊柱起立筋の勾配が高く、これらの筋では負荷重量の増加にともなって筋活動量が顕著に増加することが明らかになった。しかし、1名の被験者についてではあるが、大胸筋の勾配が著しく小さかったものがあった。ベンチプレスは主に大胸筋へ負荷をかけるトレーニングであると考えられているが、

被験者によっては負荷重量を増加させても大胸筋の活動量が高まらないものもいることが示唆できた。この原因として、ベンチプレスを行うときに大胸筋以外の筋をより活発に活動させるといったことが考えられる。

負荷重量と筋活動量の関係を検討した結果、負荷重量を増加させるとき筋活動量も増加するが、その増加の程度は筋によって異なること、および被験者によって差異のあることが明らかにできた。さらに、これまで常識的に考えられていた動作別のもっとも負荷が加わる筋を見直す必要があることが示唆できた。

ところで本研究では、筋活動電位を250 Hzでサンプリングした。一般に表面筋電導出法による筋活動電位の周波数成分は最大で3000 Hzといわれている²⁾。正確に筋活動電位を取り込むためにはサンプリング周波数を3000 Hzにすることが重要である。今回のサンプリング周波数はこれよりもはるかに小さい250 Hzであった。このことから、本研究における筋電図積分値の正確性には問題があると考えられる。今後、この点を考慮して実験を進めることが必要である。



ハーフスクワット

筋群名	回帰式	相関係数	
大腿直筋	$Y=1.04 X+18.62$	$r=0.892$	**
大腿二頭筋	$Y=1.00 X+10.48$	$r=0.874$	**
外側広筋	$Y=0.87 X+24.52$	$r=0.947$	**
脊柱起立筋	$Y=0.82 X+9.32$	$r=0.979$	**
内側広筋	$Y=0.79 X+39.03$	$r=0.881$	**
前脛骨筋	$Y=0.69 X+33.21$	$r=0.858$	**
腓腹筋	$Y=0.41 X+53.35$	$r=0.588$	*
		** : $P<0.01$	
		* : $P<0.05$	

図1 被験者Aの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係

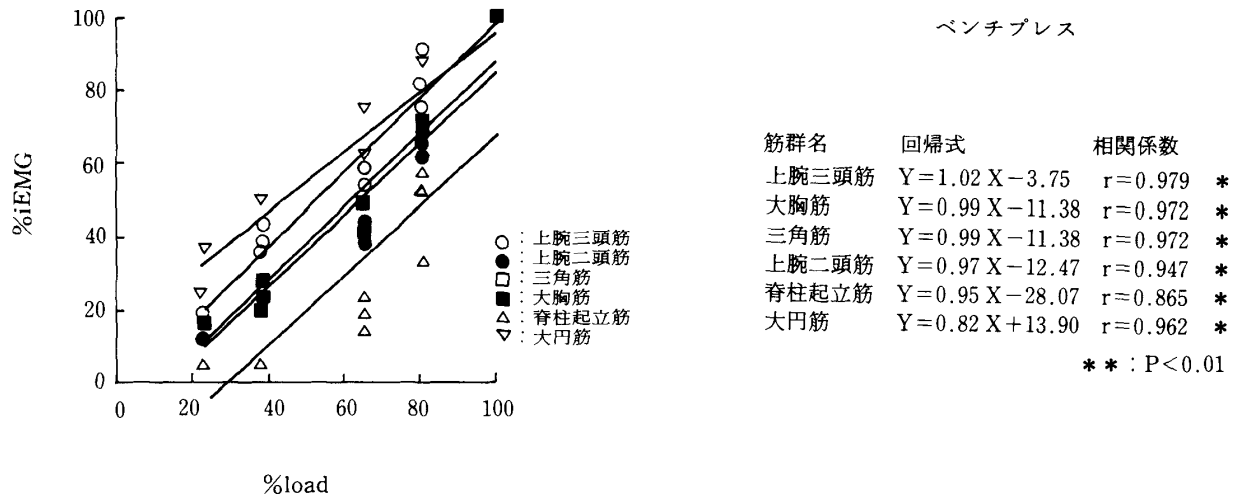


図2 被験者Aの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係

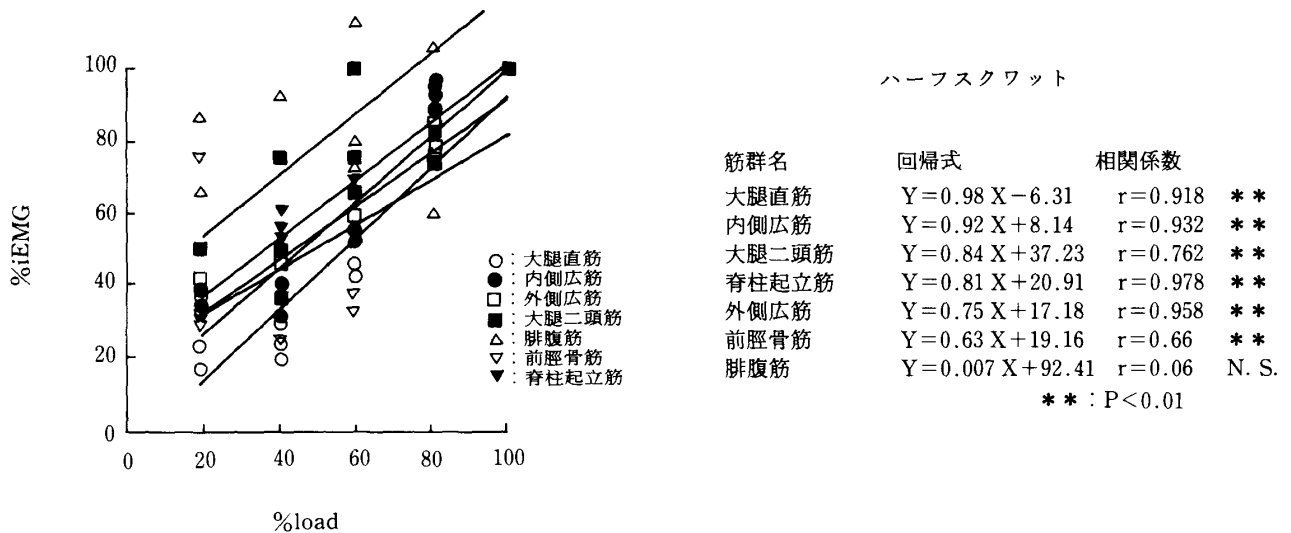


図3 被験者Bの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係

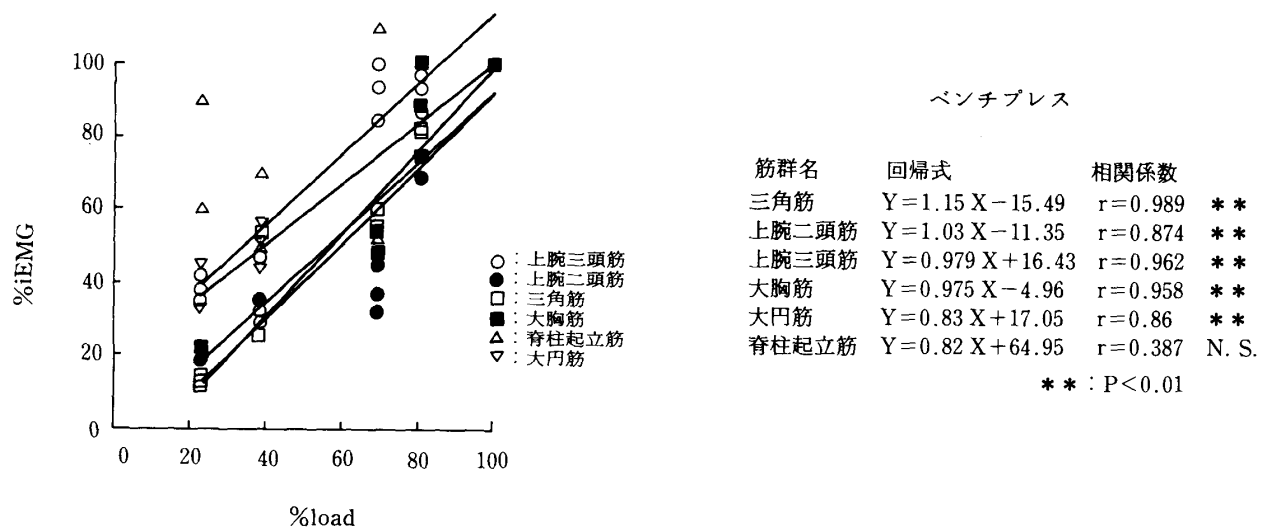
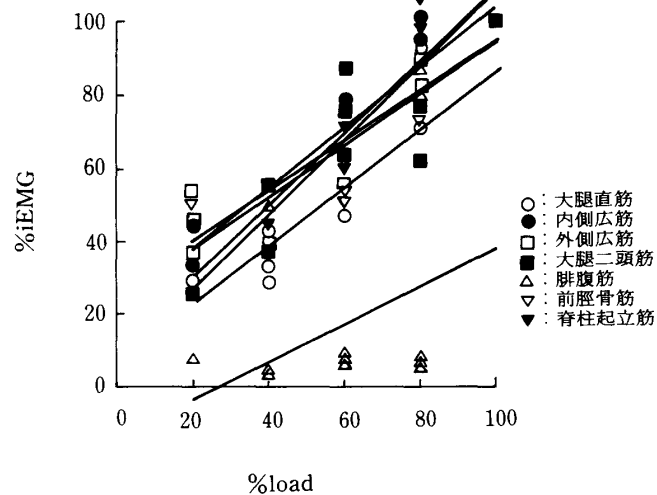


図4 被験者Bの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係



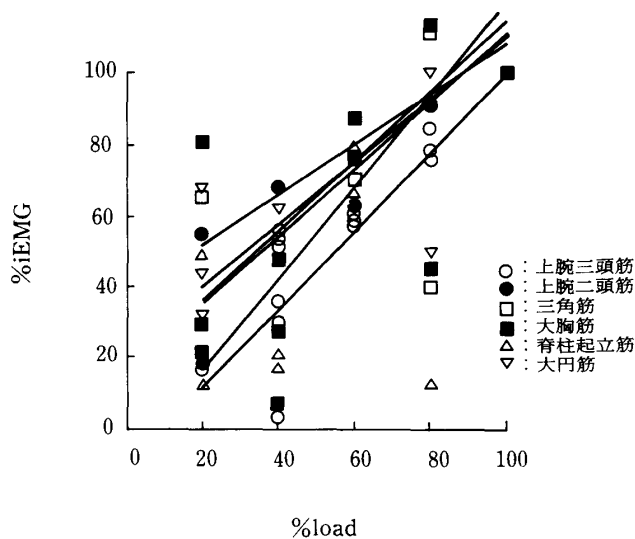
ハーフスクワット

筋群名	回帰式	相関係数
大腿二頭筋	$Y=1.01X+6.94$	$r=0.903$ **
脊柱起立筋	$Y=0.99X+10.03$	$r=0.951$ **
内側広筋	$Y=0.82X+21.81$	$r=0.932$ **
大腿直筋	$Y=0.80X+6.70$	$r=0.941$ **
前脛骨筋	$Y=0.70X+23.78$	$r=0.883$ **
外側広筋	$Y=0.69X+26.10$	$r=0.921$ **
腓腹筋	$Y=0.53X-14.87$	$r=0.54$ *

** : $P<0.01$

* : $P<0.05$

図5 被験者Cの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係



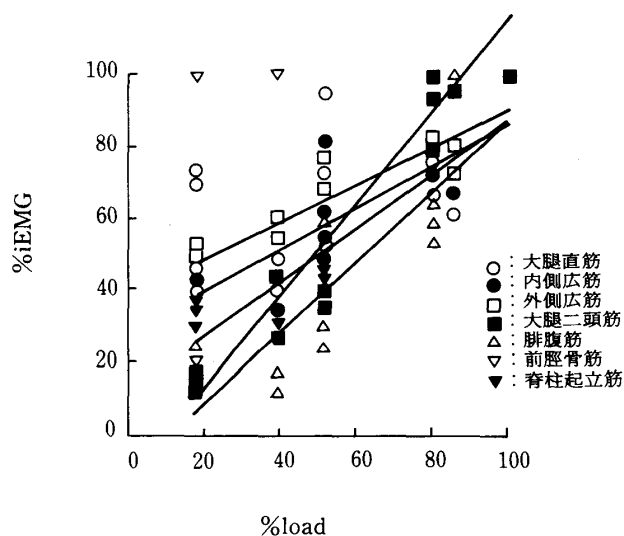
ベンチプレス

筋群名	回帰式	相関係数
脊柱起立筋	$Y=1.30X-9.87$	$r=0.678$ **
上腕三頭筋	$Y=1.10X-10.37$	$r=0.945$ **
上腕二頭筋	$Y=0.97X+17.00$	$r=0.613$ *
三角筋	$Y=0.94X+16.19$	$r=0.664$ **
大胸筋	$Y=0.87X+22.61$	$r=0.619$ *
大円筋	$Y=0.70X+38.19$	$r=0.52$ *

** : $P<0.01$

* : $P<0.05$

図6 被験者Cの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係



ハーフスクワット

筋群名	回帰式	相関係数
大腿二頭筋	$Y=1.28X-12.44$	$r=0.938$ **
腓腹筋	$Y=0.98X-11.16$	$r=0.878$ **
脊柱起立筋	$Y=0.76X+11.53$	$r=0.929$ **
前脛骨筋	$Y=0.74X+48.28$	$r=0.464$ N. S.
内側広筋	$Y=0.58X+27.72$	$r=0.827$ **
外側広筋	$Y=0.52X+38.03$	$r=0.909$ **
大腿直筋	$Y=0.33X+46.30$	$r=0.459$ N. S.

** : $P<0.01$

図7 被験者Dの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係

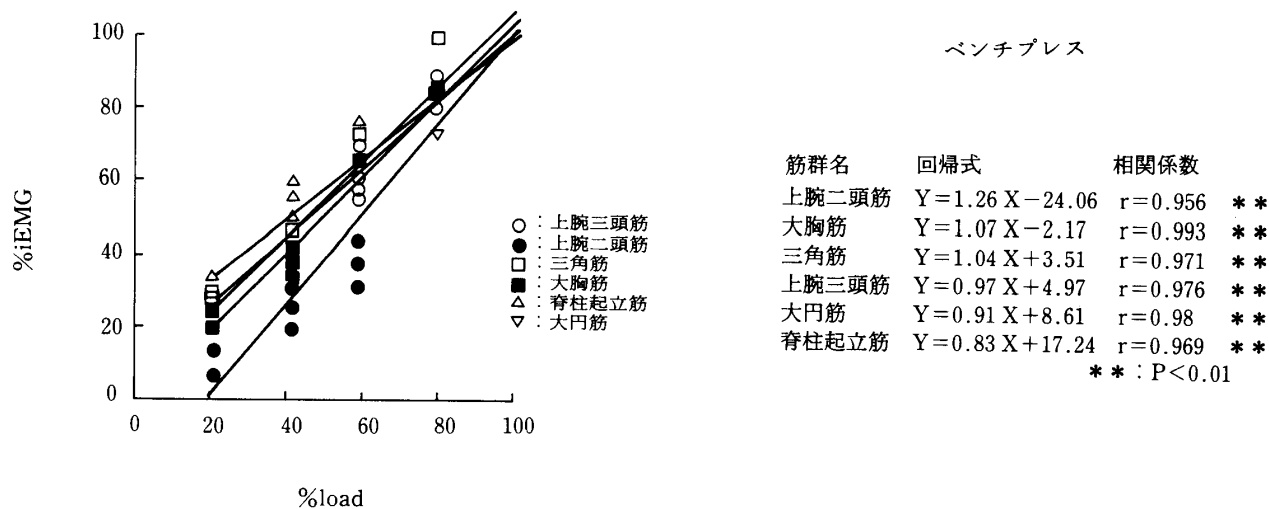


図8 被験者Dの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係

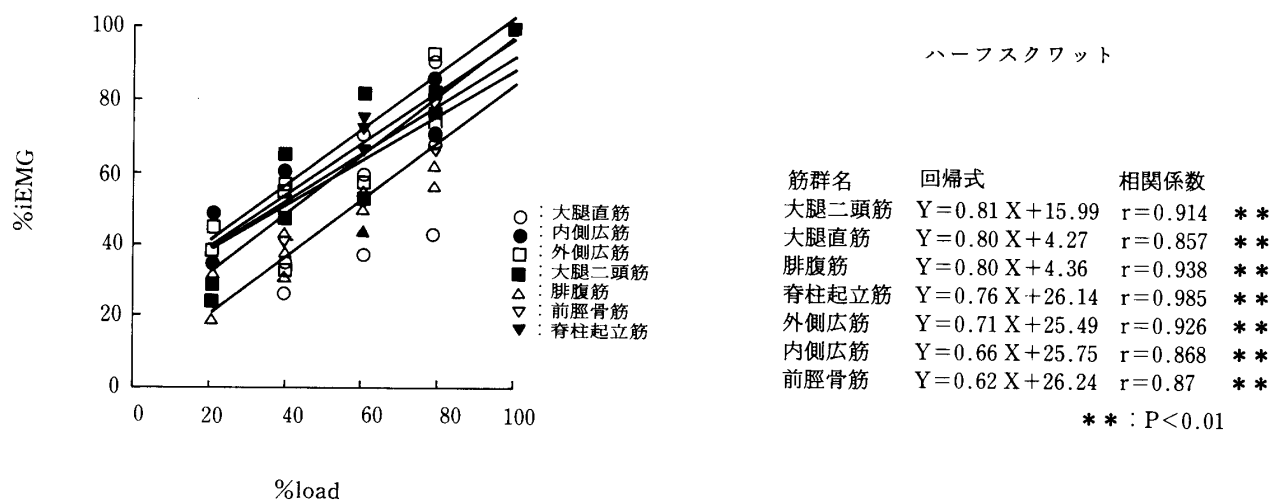


図9 被験者Eの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係

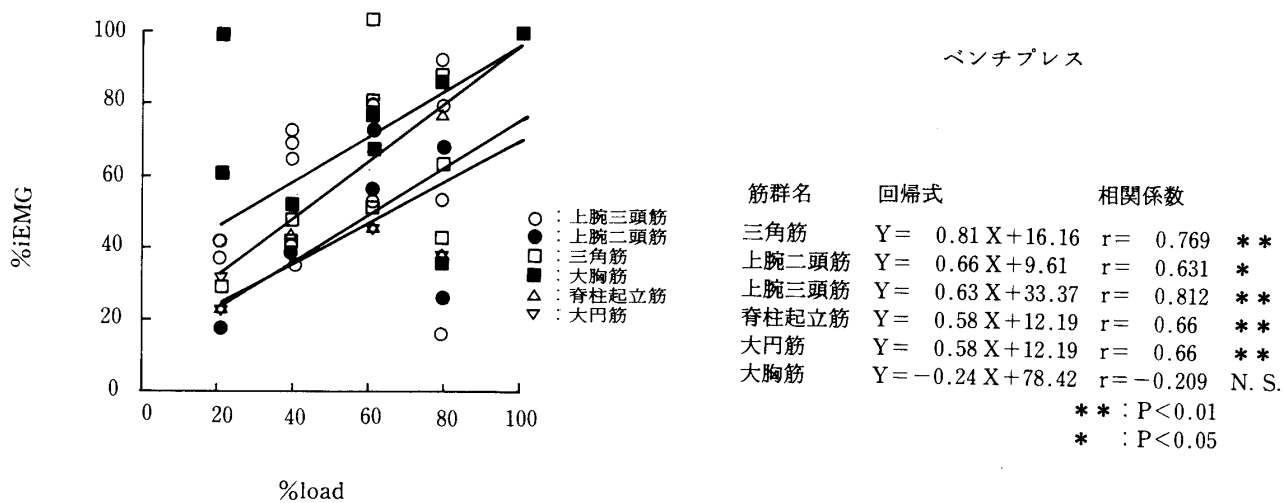


図10 被験者Eの相対的負荷重量(%load)と相対的筋活動量(%iEMG)との関係

表1 被験者の身体的特徴

被験者	年齢(yrs)	身長(cm)	体重(kg)
A	22	167	64
B	23	167	61
C	22	170	82
D	22	173	71
E	21	181	77
平均値	22	171.6	71
標準偏差	± 0.6	± 5.2	± 7.8

表2 被験者Aのハーフスクワットにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	筋名	大腿直筋	内側広筋	外側広筋	大腿二頭筋	腓腹筋	前脛骨筋	脊柱起立筋
大腿直筋			N. S.	N. S.	N. S.	*	N. S.	N. S.
内側広筋	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
外側広筋	N. S.	N. S.			N. S.	*	N. S.	N. S.
大腿二頭筋	N. S.	N. S.	N. S.			*	N. S.	N. S.
腓腹筋	*	N. S.	*	*			N. S.	*
前脛骨筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.
脊柱起立筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	*	N. S.	

* : p<0.05

N. S. : no significant

表3 被験者Aのベンチプレスにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	筋名	上腕三頭筋	上腕二頭筋	三角筋	大胸筋	脊柱起立筋	大円筋
上腕三頭筋			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
上腕二頭筋	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
三角筋	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.
大胸筋	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.
脊柱起立筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.
大円筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	

N. S. : no significant

表4 被験者Bのハーフスクワットにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	筋名	大腿直筋	内側広筋	外側広筋	大腿二頭筋	腓腹筋	前脛骨筋	脊柱起立筋
大腿直筋			N. S.	N. S.	N. S.	*	N. S.	N. S.
内側広筋	N. S.			N. S.	N. S.	*	N. S.	N. S.
外側広筋	N. S.	N. S.			N. S.	*	N. S.	N. S.
大腿二頭筋	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.
腓腹筋	*	*	*	N. S.			N. S.	*
前脛骨筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.
脊柱起立筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	*	N. S.		

* : $p < 0.05$

N. S. : no significant

表5 被験者Bのベンチプレスにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	筋名	上腕三頭筋	上腕二頭筋	三角筋	大胸筋	脊柱起立筋	大円筋
上腕三頭筋			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
上腕二頭筋	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
三角筋	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.
大胸筋	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.
脊柱起立筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.
大円筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.		

N. S. : no significant

表6 被験者Cのハーフスクワットにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	筋名	大腿直筋	内側広筋	外側広筋	大腿二頭筋	腓腹筋	前脛骨筋	脊柱起立筋
大腿直筋			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
内側広筋	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
外側広筋	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.	*
大腿二頭筋	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.
腓腹筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.
前脛骨筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.
脊柱起立筋	N. S.	N. S.	*	N. S.	N. S.	N. S.		

* : $p < 0.05$

N. S. : no significant

表7 被験者Cのベンチプレスにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	上腕三頭筋	上腕二頭筋	三角筋	大胸筋	脊柱起立筋	大円筋
上腕三頭筋		N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
上腕二頭筋	N. S.		N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
三角筋	N. S.	N. S.		N. S.	N. S.	N. S.
大胸筋	N. S.	N. S.	N. S.		N. S.	N. S.
脊柱起立筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.		N. S.
大円筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	

N. S. : no significant

表8 被験者Dのハーフスクワットにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	大腿直筋	内側広筋	外側広筋	大腿二頭筋	腓腹筋	前脛骨筋	脊柱起立筋
大腿直筋		N. S.	N. S.	**	*	N. S.	N. S.
内側広筋	N. S.		N. S.	**	N. S.	N. S.	N. S.
外側広筋	N. S.	N. S.		**	*	N. S.	*
大腿二頭筋	**	**	**		N. S.	N. S.	**
腓腹筋	*	N. S.	*	N. S.		N. S.	N. S.
前脛骨筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.		N. S.
脊柱起立筋	N. S.	N. S.	*	**	N. S.	N. S.	

** : $p < 0.01$

* : $p < 0.05$

N. S. : no significant

表9 被験者Dのベンチプレスにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	上腕三頭筋	上腕二頭筋	三角筋	大胸筋	脊柱起立筋	大円筋
上腕三頭筋		*	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
上腕二頭筋	*		N. S.	N. S.	**	*
三角筋	N. S.	N. S.		N. S.	N. S.	N. S.
大胸筋	N. S.	N. S.	N. S.		**	*
脊柱起立筋	N. S.	**	N. S.	**		N. S.
大円筋	N. S.	*	N. S.	*	N. S.	

** : $p < 0.01$

* : $p < 0.05$

N. S. : no significant

表10 被験者Eのハーフスクワットにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	筋名	大腿直筋	内側広筋	外側広筋	大腿二頭筋	腓腹筋	前脛骨筋	脊柱起立筋
大腿直筋			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
内側広筋	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
外側広筋	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
大腿二頭筋	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.	N. S.
腓腹筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.	N. S.
前脛骨筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.
脊柱起立筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.		

N. S. : no significant

表11 被験者Eのベンチプレスにおける回帰直線の傾きの差の検定

筋名	筋名	上腕三頭筋	上腕二頭筋	三角筋	大胸筋	脊柱起立筋	大円筋
上腕三頭筋			N. S.	N. S.	*	N. S.	N. S.
上腕二頭筋	N. S.			N. S.	*	N. S.	N. S.
三角筋	N. S.	N. S.			*	N. S.	N. S.
大胸筋	*	*	*			N. S.	N. S.
脊柱起立筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.			N. S.
大円筋	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.		

* : $p < 0.05$

N. S. : no significant

表12 ハーフスクワットにおける各被験者の各筋の回帰式の勾配

被験者名	筋名	A	B	C	D	E
大腿直筋		1.04	0.98	0.80	0.33	0.80
内側広筋		0.79	0.92	0.82	0.58	0.66
外側広筋		0.87	0.75	0.69	0.52	0.71
大腿二頭筋		1.00	0.84	1.01	1.28	0.81
腓腹筋		0.41	0.007	0.53	0.98	0.80
前脛骨筋		0.69	0.63	0.70	0.74	0.62
脊柱起立筋		0.82	0.81	0.99	0.76	0.76

表13 ベンチプレスにおける各被験者の各筋の回帰式の勾配

被験者名 筋名	A	B	C	D	E
上腕三頭筋	1.02	0.979	1.10	0.97	0.63
上腕二頭筋	0.97	1.03	0.97	1.26	0.66
三角筋	0.99	1.15	0.94	1.04	0.81
大胸筋	0.99	0.975	0.87	1.07	-0.24
脊柱起立筋	0.95	0.82	1.30	0.83	0.58
大円筋	0.82	0.83	0.70	0.91	0.58

4. 結 語

本研究は、ハーフスクワットとベンチプレスにおける負荷重量と筋活動量との関係を明らかにすることを目的として行った。

被験者は、中京大学体育学部の男子学生5名であった。被験者はそれぞれのウェイトトレーニング動作について100%の負荷重量と4段階の最大下負荷重量での運動を行った。このときの諸筋群の筋電図積分値を算出した。

被験者別、動作別、筋別に相対的負荷重量(%load)と相対的筋電図積分値(%iEMG)の相関係数と回帰式の勾配を求めた。

本研究の結果、以下のことが明らかになった。

- 1) ハーフスクワットとベンチプレスとも、いずれに筋についても%loadと%iEMGの間には有意な相関関係が示された。
- 2) 同じウェイトトレーニング動作でも、個人によって回帰式の勾配が異なった。

以上のことより、ウェイトトレーニングは動

作に関わる筋に負荷を加えることができるが、同じ動作を行っていても人によって負荷の加わる程度が部位によって異なることが推察できた。

謝 辞

本研究における筋電図の処理法については中京大学体育学部教授の渋谷侃二先生のご指導を賜りました。謹んで感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 星野宏司(学校法人吉田学園)・上田知行(丸増観光開発株式会社)・森田勲・武田秀勝(東日本学園大学): 関節角度変化に伴う筋出力と筋放電量の関係。日本体育学会第42回大会号: 1991
- 2) 小林茂夫: 表面筋電図の測定, 処理, 分析。J. J. SPORTS SCI.: 2-9, 1983.